COJINETES DE RODAMIENTO

INDICE

5. COJINETES DE RODAMIENTO 71

5.1 INTRODUCCIÓN 71
5.2 TIPOS DE RODAMIENTOS 72
5.3 DURACIÓN O VIDA ÚTIL DE UN RODAMIENTO 75
5.4 CARGA EN LOS RODAMIENTOS 76
5.5 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS DE BOLAS Y DE RODILLOS CILÍNDRICOS 77
5.6 SELECCIÓN DE COJINETES DE RODILLOS CÓNICOS 79
5.7 COMENTARIOS SOBRE LAS DISTINTAS OPCIONES DE COJINETES 81

5. COJINETES DE RODAMIENTO

5.1 Introducción

El nombre de “cojinetes de rodamiento”, o simplemente rodamientos, se emplea para describir la clase de soporte de eje en el que la carga principal se transmite a través de elementos que están en contacto rodante y no deslizante.

La carga, la velocidad y la viscosidad de operación del lubricante afectan a las características friccionales de un cojinete de rodamiento.

En este capítulo, que recoge buena parte del capítulo correspondiente del libro “Diseño en Ingeniería Mecánica” de J.E. Shigley, se incidirá en los criterios fundamentales para la elección de un rodamiento. Para un mayor detalle convendrá en cada caso estudiar atentamente las recomendaciones de cada fabricante para atender a factores tales como: carga de fatiga, fricción, calentamiento, problemas cinemáticos, propiedades de los materiales, resistencia a la corrosión, lubricación, tolerancias, etc.

5.2 Tipos de rodamientos

Los rodamientos se fabrican para soportar:

- Cargas puramente radiales
- Cargas de empuje axial
- Combinación de cargas radiales y axiales

La nomenclatura de un cojinete se indica en la figura 5.1, en la que se aprecian las cuatro partes principales: aro externo, aro interno, elementos rodantes (bolas), y separador. En cojinetes de bajo coste a veces se omite el separador cuya misión es impedir el contacto entre las bolas del rodamiento.

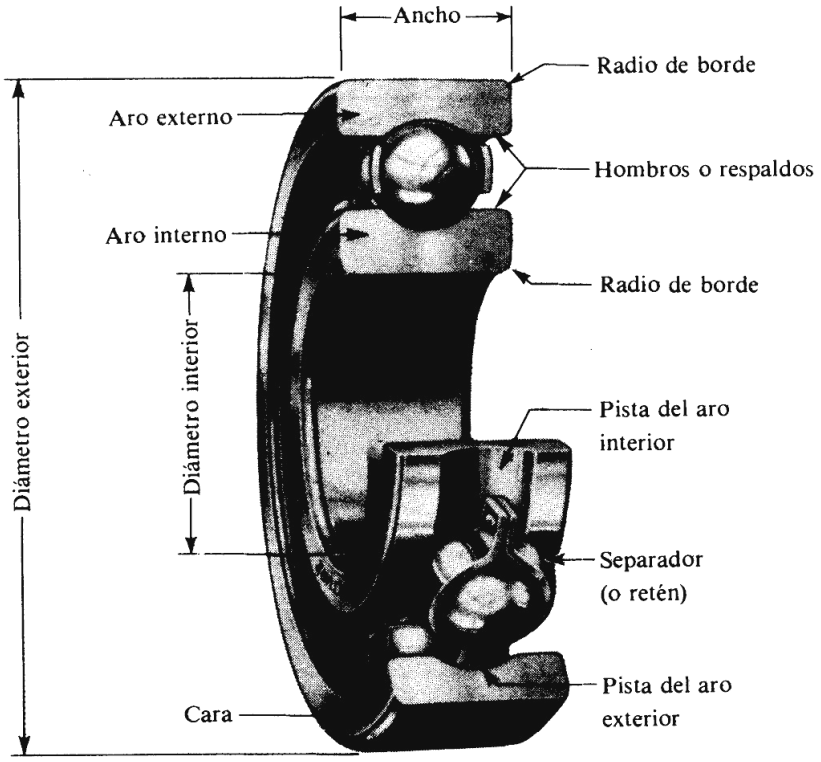


Figura 5.1 Nomenclatura de un rodamiento de bolas

En la figura 5.2 se representan los tipos principales de rodamientos de bolas. Todos estos cojinetes pueden obtenerse con cubiertas o protectores en uno o ambos lados. Las cubiertas no proporcionan un cierre completo, pero sí ofrecen protección contra la entrada de polvo y suciedad. Una variedad de cojinetes se fabrica con sellos herméticos en uno o ambos lados. Cuando los sellos están en ambos lados se lubrica en fábrica.

Los cojinetes de bolas de un fila soportan un pequeño desalineamiento o deflexión del eje, pero es posible también usar cojinetes autoalineantes. Los cojinetes de bolas de doble fila se fabrican en una gran variedad de tipos y tamaños para soportar cargas radiales y axiales más intensas.

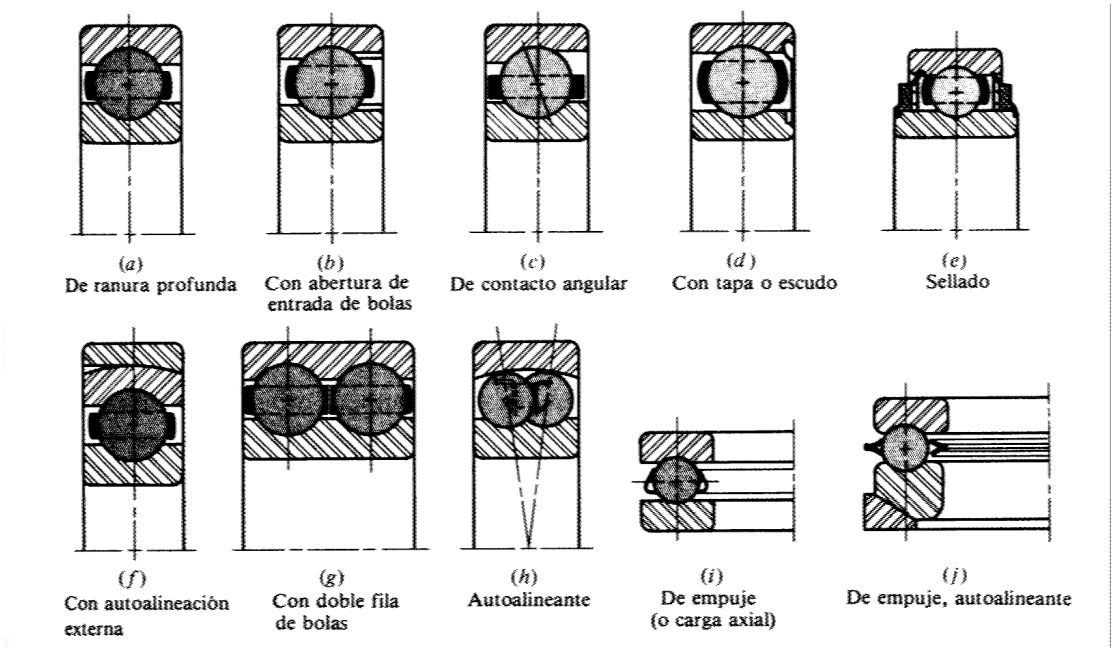


Figura 5.2 Diversos tipos de rodamientos de bolas

Algunos cojinetes de rodillos de tipo estándar disponibles se ilustran en la figura 5.3. Los cojinetes de rodillos cilíndricos soportan una carga mayor que los de bolas del mismo tamaño debido a su mayor área de contacto. Sin embargo, tienen la desventaja de requerir casi una perfecta configuración geométrica de pista y rodillos: un ligero desalineamiento originará que los rodillos se desvíen y se salgan de alineación. Por esta razón el retén debe ser grueso y resistente. Desde luego, los rodillos cilíndricos no soportarán cargas de empuje..

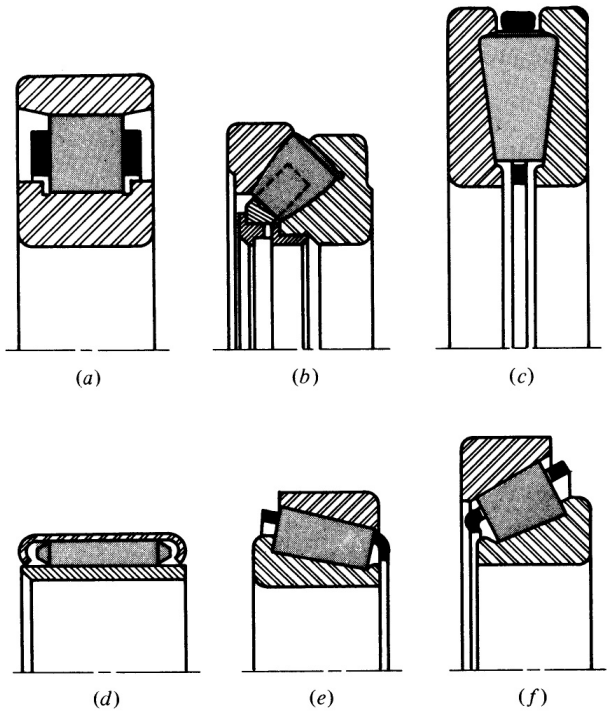


Figura 5.3. Diversos tipos de rodamientos de rodillos: a) cilíndricos, b) esféricos, de empuje, c) cónicos, de empuje, d) de agujas, e) cónicos ordinarios, f) cónicos de amplio contacto angular.

El cojinete de empuje de rodillos esféricos es útil donde se tienen fuertes cargas y desalineamientos. Los elementos esféricos tienen la ventaja de ampliar su área de contacto a medida que la carga aumenta. Los cojinetes de agujas son muy útiles donde el espacio radial es limitado. Se surten con pistas de rodamiento o sin ellas.

Los cojinetes de rodillos cónicos combinan las ventajas de los cojinetes de bolas y de rodillos cilíndricos puesto que pueden soportar cargas radiales y axiales, o cualquier combinación de las dos y además tienen la capacidad de carga elevada de los cojinetes de rodillos cilíndricos. Se diseñan de manera que todos los elementos de la superficie de los rodillos y de las pistas intersecccionen en un punto común en el eje del cojinete.

5.3 Duración o vida útil de un rodamiento

Cuando se aplica una carga sobre el rodamiento se producen unas tensiones de contacto sobre las pistas y las bolas del rodamiento. Debido a la geometría de estos elementos estas tensiones responden a unas ecuaciones relativamente complicadas, pero basadas en la teoría de Hertz.

Si un cojinete se mantiene limpio y bien lubricado, se monta y se sella contra la entrada de suciedad o polvo, se conserva en esta condición y opera a temperaturas razonables, entonces la fatiga del material será la única causa de fallo. La duración o vida útil de un rodamiento se define como el número total de revoluciones, o el número de horas de giro a una velocidad determinada, de operación del cojinete para que se produzca el fallo. En condiciones ideales el fallo por fatiga consistirá en una astilladura o descascarillado de las superficies que soportan la carga.

La duración nominal es un término autorizado por la AFBMA (*Anti-Friction Bearing Manufacturers Association*) y lo emplean la mayoría de los fabricantes de rodamientos. Se define como el número de revoluciones, o bien horas a una velocidad constante dada, que el 90% de un grupo de cojinetes completará o excederá sin producirse fallo. Los términos: duración mínima, duración L_{10}, y duración B_{10}, también se emplean para designar la vida nominal.

5.4 Carga en los rodamientos

Los experimentos muestran que dos grupos de cojinetes idénticos probados bajo cargas diferentes, F_1 y F_2, tendrán respectivamente duraciones L_1 y L_2 de acuerdo con la relación:

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^a$$

siendo,

- L_i la vida en millones de revoluciones o horas de trabajo a una velocidad de rotación dada
- a=3 para cojinetes de bolas
- a=10/3 para cojinetes de rodillos

Se suele emplear el término capacidad de carga básica C, que se define como la carga que un grupo de cojinetes soporta para una duración nominal de un millón de revoluciones (L_{10}=1 10^6 revoluciones). La duración nominal de un millón de revoluciones es un valor base elegido por facilidad de cálculo. De hecho la carga nominal correspondiente es tan alta que se ocasionaría al aplicarla la deformación plástica de las superficies de contacto. En consecuencia, la capacidad básica de carga es simplemente un valor de referencia y que permite transformar la ecuación anterior en la siguiente en la que, conocida la capacidad de carga C, puede hallarse la vida para un valor concreto, F, de carga radial:

$$L = \left(\frac{C}{F}\right)^a$$

en esta última ecuación L está expresada en millones de revoluciones.

Algunos fabricantes en vez de tabular la carga básica nominal para diversos tamaños de cojinetes prefieren publicar designaciones de sus cojinetes correspondientes a cierto número de horas de vida útil a una velocidad especificada. En estos casos será útil la siguiente expresión que se deriva directamente de las anteriores:

$$F_R = F_D\left(\frac{L_D.n_D}{L_R.n_R}\right)^{\frac{1}{a}}$$

siendo,

- F_R, la capacidad radial nominal de catálogo, N
- L_R, la duración nominal de catálogo, horas
- F_D, la carga de diseño requerida, N
- L_D, la duración de diseño requerida, horas
- n_R, la velocidad nominal de catálogo, rpm o rad/s
- n_D, la velocidad de diseño requerida, rpm o rad/s

5.5 Selección de rodamientos de bolas y de rodillos cilíndricos

Con excepción de los cojinetes diseñados únicamente para carga axial, por lo general, los rodamientos de bolas se someten a una combinación de carga radial y axial. Las capacidades de los catálogos están basadas en cargas radiales, se suele definir por tanto una carga radial equivalente, F_e, que tendrá el mismo efecto sobre la vida del cojinete que las cargas aplicadas. La ecuación de la AFBMA para carga radial equivalente para cojinetes de bolas es el máximo de estos dos valores:

$$F_e = V.F_R$$
$$F_e = X.V.F_R + Y.F_a$$

donde,

- F_e es la carga radial equivalente
- F_R es la la carga radial aplicada
- F_a es la carga axial aplicada
- V es un factor que sirve para corregir las diferentes condiciones de rotación. V=1 para giro del aro interior. V=1,2 para giro del aro exterior. En cojinetes autoalineados se toma siempre V=1.
- X es el factor radial
- Y es el factor de empuje

Los factores X e Y de la ecuación anterior dependen de la geometría del cojinete, incluyendo el número de bolas y el diámetro de las mismas. Las recomendaciones de la AFBMA se basan en el valor del cociente entre la componente de la fuerza axial, F_a, y la capacidad de carga básica estática C_0. La capacidad de carga estática se tiene tabulada, junto con la capacidad de carga dinámica básica C, en muchas publicaciones de fabricantes de cojinetes. Por ejemplo en la Tabla 5.1 se recogen unos valores a modo de ejemplo y puede verse cómo a partir de F_a/C_0 se obtiene e, y por comparación entre F_a/F_R y e puede hallarse X e Y. En los rodamientos de rodillos cilíndricos se toma Y=0 puesto que no pueden soportar carga axial.

		$F_a/F_r \le e$		$F_a/F_r > e$	
F_a/C_0	e	X_1	Y_1	X_2	Y_2
0.014*	0.19	1.00	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.00	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.00	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.00	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.00	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.00	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.00	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.00	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.00	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.00	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.00	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.00	0	0.56	1.00

*Utilice 0.014 si $F_a/C_0 < 0.014$.

Tabla 5.1 Ejemplo de factores de carga radial equivalente para rodamientos de bolas

La mayoría de los fabricantes disponen de catálogos *on-line* o en CD que permiten seleccionar y calcular toda la gama de sus rodamientos. Para ayudar al diseñador en la selección de cojinetes, se incluyen datos sobre la vida o duración de los rodamientos para muchas clases de máquinas, así como los factores de aplicación de la carga. Esta información proviene de la experiencia real y sirve como punto de partida para el diseño, especialmente si no se dispone de información propia ya contrastada. La Tabla 5.2 contiene recomendaciones acerca de la duración de rodamientos requerida en algunas clases de máquinas. Los factores de aplicación de la Tabla 5.3 sirven para el mismo objeto, como factores de seguridad; se utilizan a fin de aumentar la carga equivalente antes de seleccionar un cojinete.

TIPO DE APLICACIÓN	VIDA kh
Instrumentos y aparatos de uso poco frecuente	Hasta 0.5
Motores de avión	0.5–2
Máquinas para operación breve o intermitente, donde la interrupción del servicio es de poca importancia	4–8
Máquinas para servicio intermitente, donde la operación confiable es de gran importancia	8–14
Máquinas para servicio de 8 h que no siempre se utilizan plenamente	14–20
Máquinas para servicio de 8 h que se utilizan plenamente	20–30
Máquinas para servicio continuo las 24 h	50–60
Máquinas para servicio continuo las 24 h, donde la confiabilidad es de suma importancia	100–200

Tabla 5.2. Recomendaciones de duración de cojinetes para diversas clases de maquinarias

TIPO DE APLICACIÓN	FACTOR DE CARGA
Engranajes de precisión	1.0–1.1
Engranajes comerciales	1.1–1.3
Aplicaciones con sellos deficientes	1.2
Maquinaria sin impactos	1.0–1.2
Maquinaria con impactos ligeros	1.2–1.5
Maquinaria con impactos moderados	1.5–3.0

Tabla 5.3 Factores de aplicación de cargas

5.6 Selección de cojinetes de rodillos cónicos

La nomenclatura de estos cojinetes difiere en algunos aspectos de la de los rodamientos de rodillos cilíndricos. El aro interno se llama cono, y al aro externo se le denomina copa tal como se indica en la figura 5.4. En este tipo de rodamientos la copa puede separarse del conjunto del cono y rodillos.

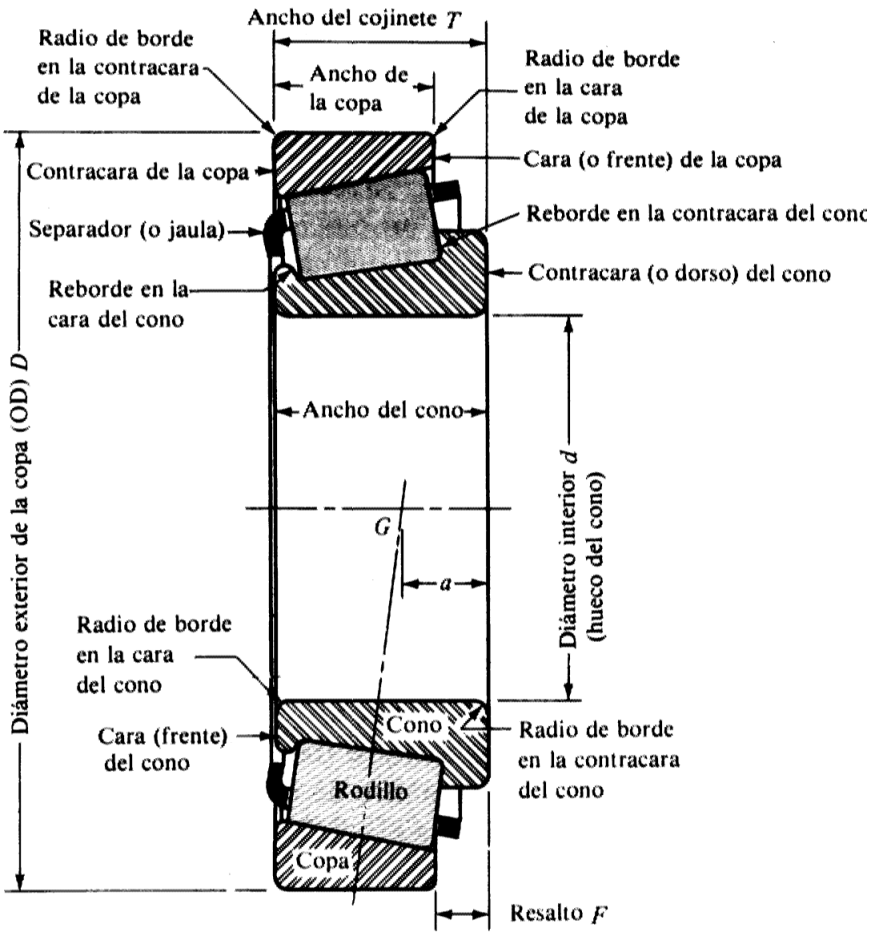

Ancho del cojinete T
Radio de borde en la contracara de la copa
Ancho de la copa
Radio de borde en la cara de la copa
Contracara de la copa
Cara (o frente) de la copa
Separador (o jaula)
Reborde en la contracara del conc
Reborde en la cara del cono
Contracara (o dorso) del cono
Ancho del cono
Diámetro exterior de la copa (OD) D
Diámetro interior d (hueco del cono)
G
a
Radio de borde en la cara del cono
Cara (frente) del cono
Cono
Radio de borde en la contracara del cono
Rodillo
Copa
Resalto F

Figura 5.4 Nomenclatura de un rodamiento de rodillos cónicos. El punto G es el centro de carga efectiva y se utiliza para calcular la carga radial del rodamiento.

Un cojinete de rodillos cónicos es capaz de soportar cargas radiales y axiales o combinación de ambas. Sin embargo, aun no existiendo una carga axial externa, las cargas radiales sobre este tipo de rodamientos generan una reacción axial. Es por ello que se emplean siempre en un eje por ejemplo dos rodamientos de rodillos cónicos bien con las contracaras de los conos enfrentadas (montaje directo), o bien con las caras de los conos puestas frente a frente (montaje indirecto).

La componente de empuje axial provocada por una carga radial en un rodamiento de rodillo cónico responde de forma aproximada a la siguiente ecuación

$$F_a = \frac{0.47.F_R}{K}$$

donde K es aproximadamente 1.5 para cojinetes radiales y 0.75 para cojinetes de gran contacto angular.

La figura 5.5 muestra un montaje típico de dos rodamientos de rodillos cónicos que soportan un eje sometido a una carga axial externa F_a. Sobre los rodamientos A y B actúan también cargas radiales, F_{RA} y F_{RB} respectivamente. Las cargas equivalentes para el cálculo de los cojinetes A y B pueden hallarse empleando las siguientes expresiones:

$$F_{eA} = 0.4.F_{RA} + K_A\left(\frac{0.47.F_{RB}}{K_B} + F_a\right)$$

$$F_{eB} = 0.4.F_{RB} + K_B\left(\frac{0.47.F_{RA}}{K_A} - F_a\right)$$

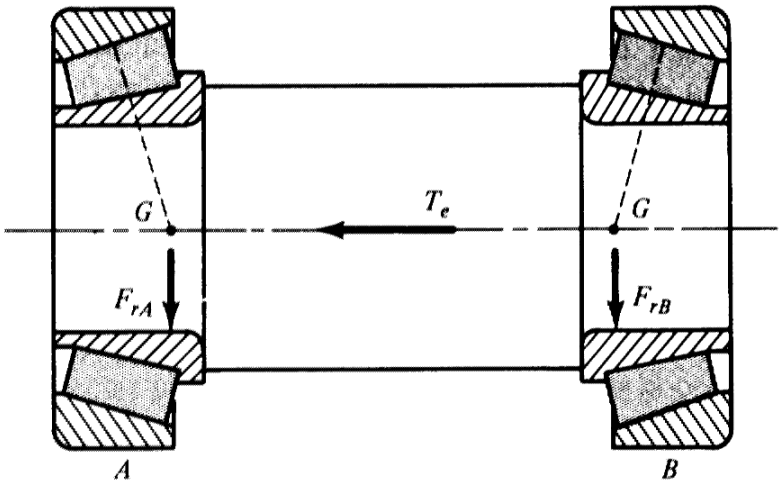


Figura 5.5. Esquema de un par de rodamientos de rodillos cónicos (montaje directo) sobre los que actúan cargas radiales y axiales. Nótese que las cargas radiales se aplican sobre los puntos G definidos por la geometría de cada rodamiento

5.7 Comentarios sobre las distintas opciones de cojinetes

Este apartado quiere ser un breve resumen sobre las características principales de los distintos tipos de cojinetes vistos hasta el momento, no sólo los rodamientos. Se pretende exponer algunos criterios de comparación entre cojinetes hidrodinámicos, cojinetes de fricción, rodamientos, etc.. Quizá podían haberse incluido estas ideas al principio del primer capítulo pero se considera que resultará más sencillo retenerlas en estos momentos, una vez vistas las características y propiedades de cada uno de los tipos de cojinetes.

En los cojinetes de fricción (*dry rubbing bearings*) las superficies deslizan sin lubricante. El material de las superficies se elige para que tenga bajos coeficientes de fricción y de desgaste. En algunos casos se emplean aleaciones porosas que permiten la incorporación de algún lubricante o grasa.

En los cojinetes de película gruesa, ya sean hidrodinámicos o hidrostáticos, una película continua de líquido (puede ser también un gas o vapor) separa las superficies que deslizan. Esta película soporta también las cargas aplicadas sobre estas superficies, bien a través de las presiones que se generan en la propia película de lubricante debido al movimiento y a la geometría de las superficies (cojinete hidrodinámico, o bien aerodinámico si el fluido es aire), bien a través de una presión exterior (cojinete hidrostático, o aerostático si el fluido es aire).

En los cojinetes de rodamiento hay unos elementos (bolas, rodillos o agujas) colocados entre las superficies que deslizan.

Existen otras soluciones que no se han visto en detalle basadas en levitación magnética o electrostática, que puede tener su campo de aplicación en situaciones especiales.

Para el caso particular de un eje giratorio sometido a una carga externa, las dos variables de diseño más importantes son la carga radial y la velocidad de giro. La figura 5.6 da una idea de las posibilidades de utilización de distintos tipos de cojinetes en función de los valores que adoptan estas variables. En esta figura se asume L=D para el cálculo de los cojinetes hidrodinámicos.

A velocidades bajas puede verse cómo los cojinetes de fricción tienen una capacidad similar a la de los rodamientos. Sin embargo, a medida que aumenta la velocidad los rodamientos tienen mejores prestaciones. En esta figura se indica también una velocidad máxima “típica” para rodamientos. Tómense éste y otros valores como órdenes de magnitud y no como límites absolutos. Cuando la velocidad de giro es relativamente alta se ve como los cojinetes hidrodinámicos ofrecen prestaciones superiores.

La Tabla 5.4 recoge una comparativa cualitativa entre características de distintos tipos de cojinetes.

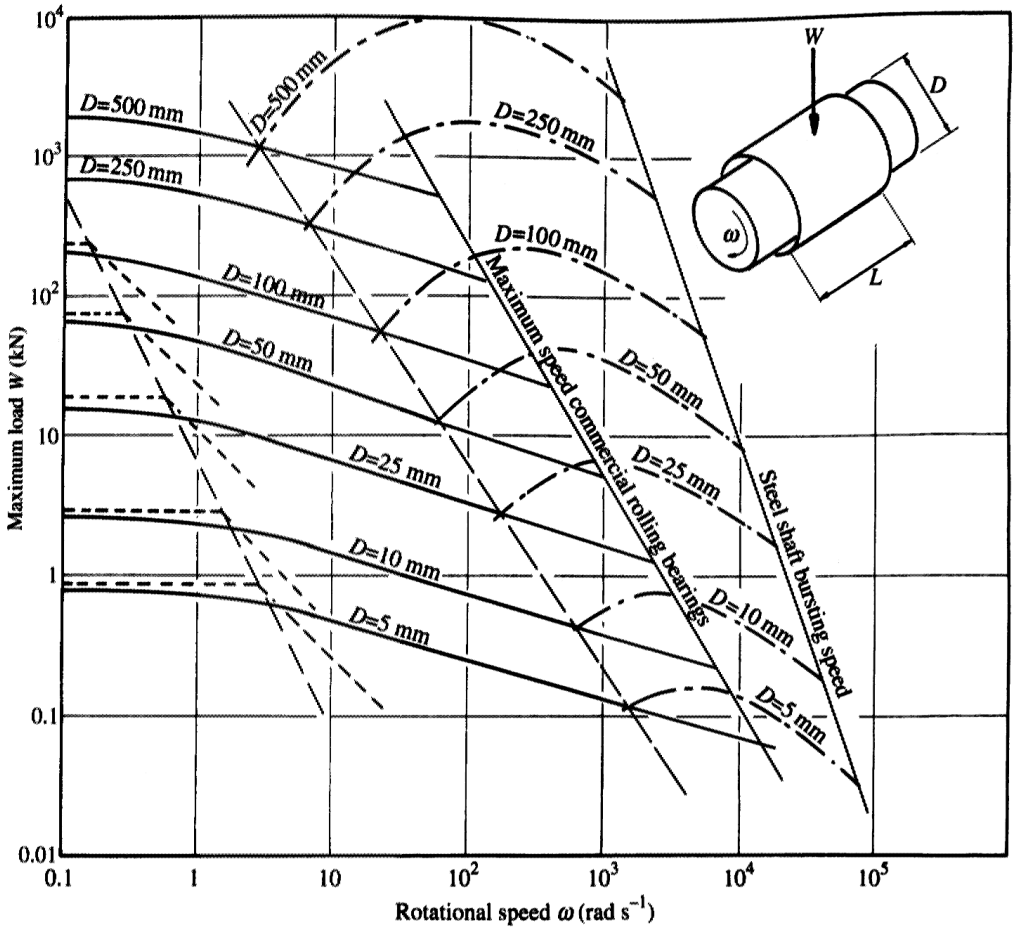


Figura 5.6 Comparativa entre campos de aplicación de cojinetes de fricción (------), cojinetes hidrodinámicos (– - -- –) y rodamientos (———)

Type of bearing	Dry rubbing	Hydrodynamic fluid film	Hydrostatic fluid film	Rolling element
Accuracy of radial location	Fair	Fair	Excellent	Good
Axial load capacity	Some	None	None	Some
Low starting torque	Good	Fair	Excellent	Excellent
High-temperature performance	Limited by materials	Limited by lubricant	Limited by lubricant	Good, limited by materials
Lubricating system required	Simple	Usually requires circulation	Complex, high-pressure system	Relatively simple if sealed
Tolerance of dirt	Good if sealed	Needs sealing and filtering	Sealing and filtering essential	Good with sealing

Tabla 5.4 Comparativa cualitativa entre cojinetes de fricción, hidrodinámicos, hidrostáticos y de rodamiento.

Tabla 11-2

Dimensiones y clasificaciones de carga para cojinetes de bolas de contacto angular, de una fila, serie 02, de ranura profunda

Diámetro interior, mm	DE, mm	Ancho, mm	Radio del entalle, mm	Diámetro del hombro, mm		Clasificaciones de carga, kN			
						Ranura profunda		Contacto angular	
				d_s	d_H	C	C_0	C	C_0
10	30	9	0.6	12.5	27	5.07	2.24	4.94	2.12
12	32	10	0.6	14.5	28	6.89	3.10	7.02	3.05
15	35	11	0.6	17.5	31	7.80	3.55	8.06	3.65
17	40	12	0.6	19.5	34	9.56	4.50	9.95	4.75
20	47	14	1.0	25	41	12.7	6.20	13.3	6.55
25	52	15	1.0	30	47	14.0	6.95	14.8	7.65
30	62	16	1.0	35	55	19.5	10.0	20.3	11.0
35	72	17	1.0	41	65	25.5	13.7	27.0	15.0
40	80	18	1.0	46	72	30.7	16.6	31.9	18.6
45	85	19	1.0	52	77	33.2	18.6	35.8	21.2
50	90	20	1.0	56	82	35.1	19.6	37.7	22.8
55	100	21	1.5	63	90	43.6	25.0	46.2	28.5
60	110	22	1.5	70	99	47.5	28.0	55.9	35.5
65	120	23	1.5	74	109	55.9	34.0	63.7	41.5
70	125	24	1.5	79	114	61.8	37.5	68.9	45.5
75	130	25	1.5	86	119	66.3	40.5	71.5	49.0
80	140	26	2.0	93	127	70.2	45.0	80.6	55.0
85	150	28	2.0	99	136	83.2	53.0	90.4	63.0
90	160	30	2.0	104	146	95.6	62.0	106	73.5
95	170	32	2.0	110	156	108	69.5	121	85.0

Tabla 11-3

Dimensiones y clasificaciones básicas de carga para cojinetes de rodillos cilíndricos

Diámetro interior, mm	Serie 02				Serie 03			
	DE, mm	Ancho, mm	Clasificación de carga, kN C_{10}	C_0	DE, mm	Ancho, mm	Clasificación de carga, kN C_{10}	C_0
25	52	15	16.8	8.8	62	17	28.6	15.0
30	62	16	22.4	12.0	72	19	36.9	20.0
35	72	17	31.9	17.6	80	21	44.6	27.1
40	80	18	41.8	24.0	90	23	56.1	32.5
45	85	19	44.0	25.5	100	25	72.1	45.4
50	90	20	45.7	27.5	110	27	88.0	52.0
55	100	21	56.1	34.0	120	29	102	67.2
60	110	22	64.4	43.1	130	31	123	76.5
65	120	23	76.5	51.2	140	33	138	85.0
70	125	24	79.2	51.2	150	35	151	102
75	130	25	93.1	63.2	160	37	183	125
80	140	26	106	69.4	170	39	190	125
85	150	28	119	78.3	180	41	212	149
90	160	30	142	100	190	43	242	160
95	170	32	165	112	200	45	264	189
100	180	34	183	125	215	47	303	220
110	200	38	229	167	240	50	391	304
120	215	40	260	183	260	55	457	340
130	230	40	270	193	280	58	539	408
140	250	42	319	240	300	62	682	454
150	270	45	446	260	320	65	781	502

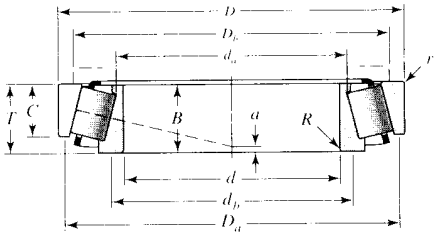
DIÁMETRO INTERIOR RECTO UNA FILA

									cono				copa			
diámetro interior	diámetro exterior	ancho	clasificación a 500 rpm para L_{10} = 3 000 h		factor	centro efectivo de carga	números de parte		radio máximo de entalle en árbol	ancho	diámetros de los hombros de apoyo		radio máximo de chaflán del alojamiento	ancho	diámetros de los hombros de apoyo	
			radial, una fila	de empuje			cono	copa								
d	D	T	N lbf	N lbf	K	a②			R①	B	d_b	d_a	r①	C	D_b	D_a
25.000 0.9843	52.000 2.0472	16.250 0.6398	8 190 1 840	5 260 1 180	1.56	−3.6 −0.14	◆30205	◆30205	1.0 0.04	15.000 0.5906	30.5 1.20	29.0 1.14	1.0 0.04	13.000 0.5118	46.0 1.81	48.5 1.91
25.000 0.9843	52.000 2.0472	19.250 0.7579	9 520 2 140	9 510 2 140	1.00	−3.0 −0.12	◆32205-B	◆32205-B	1.0 0.04	18.000 0.7087	34.0 1.34	31.0 1.22	1.0 0.04	15.000 0.5906	43.5 1.71	49.5 1.95
25.000 0.9843	52.000 2.0472	22.000 0.8661	13 200 2 980	7 960 1 790	1.66	−7.6 −0.30	◆33205	◆33205	1.0 0.04	22.000 0.8661	34.0 1.34	30.5 1.20	1.0 0.04	18.000 0.7087	44.5 1.75	49.0 1.93
25.000 0.9843	62.000 2.4409	18.250 0.7185	13 000 2 930	6 680 1 500	1.95	−5.1 −0.20	◆30305	◆30305	1.5 0.06	17.000 0.6693	32.5 1.28	30.0 1.18	1.5 0.06	15.000 0.5906	55.0 2.17	57.0 2.24
25.000 0.9843	62.000 2.4409	25.250 0.9941	17 400 3 910	8 930 2 010	1.95	−9.7 −0.38	◆32305	◆32305	1.5 0.06	24.000 0.9449	35.0 1.38	31.5 1.24	1.5 0.06	20.000 0.7874	54.0 2.13	57.0 2.24
25.159 0.9905	50.005 1.9687	13.495 0.5313	6 990 1 570	4 810 1 080	1.45	−2.8 −0.11	07096	07196	1.5 0.06	14.260 0.5614	31.5 1.24	29.5 1.16	1.0 0.04	9.525 0.3750	44.5 1.75	47.0 1.85
25.400 1.0000	50.005 1.9687	13.495 0.5313	6 990 1 570	4 810 1 080	1.45	−2.8 −0.11	07100	07196	1.0 0.04	14.260 0.5614	30.5 1.20	29.5 1.16	1.0 0.04	9.525 0.3750	44.5 1.75	47.0 1.85
25.400 1.0000	50.005 1.9687	13.495 0.5313	6 990 1 570	4 810 1 080	1.45	−2.8 −0.11	07100-S	07196	1.5 0.06	14.260 0.5614	31.5 1.24	29.5 1.16	1.0 0.04	9.525 0.3750	44.5 1.75	47.0 1.85
25.400 1.0000	50.292 1.9800	14.224 0.5600	7 210 1 620	4 620 1 040	1.56	−3.3 −0.13	L44642	L44610	3.5 0.14	14.732 0.5800	36.0 1.42	29.5 1.16	1.3 0.05	10.668 0.4200	44.5 1.75	47.0 1.85
25.400 1.0000	50.292 1.9800	14.224 0.5600	7 210 1 620	4 620 1 040	1.56	3.3 0.13	L44643	L44610	1.3 0.05	14.732 0.5800	31.5 1.24	29.5 1.16	1.3 0.05	10.668 0.4200	44.5 1.75	47.0 1.85
25.400 1.0000	51.994 2.0470	15.011 0.5910	6 990 1 570	4 810 1 080	1.45	−2.8 −0.11	07100	07204	1.0 0.04	14.260 0.5614	30.5 1.20	29.5 1.16	1.3 0.05	12.700 0.5000	45.0 1.77	48.0 1.89
25.400 1.0000	56.896 2.2400	19.368 0.7625	10 900 2 450	5 740 1 290	1.90	6.9 0.27	1780	1729	0.8 0.03	19.837 0.7810	30.5 1.20	30.0 1.18	1.3 0.05	15.875 0.6250	49.0 1.93	51.0 2.01
25.400 1.0000	57.150 2.2500	19.431 0.7650	11 700 2 620	10 900 2 450	1.07	−3.0 −0.12	M84548	M84510	1.5 0.06	19.431 0.7650	36.0 1.42	33.0 1.30	1.5 0.06	14.732 0.5800	48.5 1.91	54.0 2.13
25.400 1.0000	58.738 2.3125	19.050 0.7500	11 600 2 610	6 560 1 470	1.77	5.8 −0.23	1986	1932	1.3 0.05	19.355 0.7620	32.5 1.28	30.5 1.20	1.3 0.05	15.080 0.5937	52.0 2.05	54.0 2.13
25.400 1.0000	59.530 2.3437	23.368 0.9200	13 900 3 140	13 000 2 930	1.07	−5.1 −0.20	M84249	M84210	0.8 0.03	23.114 0.9100	36.0 1.42	32.5 1.27	1.5 0.06	18.288 0.7200	49.5 1.95	56.0 2.20
25.400 1.0000	60.325 2.3750	19.842 0.7812	11 000 2 480	6 550 1 470	1.69	−5.1 −0.20	15578	15523	1.3 0.05	17.462 0.6875	32.5 1.28	30.5 1.20	1.5 0.06	15.875 0.6250	51.0 2.01	54.0 2.13
25.400 1.0000	61.912 2.4375	19.050 0.7500	12 100 2 730	7 280 1 640	1.67	5.8 0.23	15101	15243	0.8 0.03	20.638 0.8125	32.5 1.28	31.5 1.24	2.0 0.08	14.288 0.5625	54.0 2.13	58.0 2.28
25.400 1.0000	62.000 2.4409	19.050 0.7500	12 100 2 730	7 280 1 640	1.67	5.8 0.23	15100	15245	3.5 0.14	20.638 0.8125	38.0 1.50	31.5 1.24	1.3 0.05	14.288 0.5625	55.0 2.17	58.0 2.28
25.400 1.0000	62.000 2.4409	19.050 0.7500	12 100 2 730	7 280 1 640	1.67	−5.8 0.23	15101	15245	0.8 0.03	20.638 0.8125	32.5 1.28	31.5 1.24	1.3 0.05	14.288 0.5625	55.0 2.17	58.0 2.28
25.400 1.0000	62.000 2.4409	19.050 0.7500	12 100 2 730	7 280 1 640	1.67	5.8 −0.23	15102	15245	1.5 0.06	20.638 0.8125	34.0 1.34	31.5 1.24	1.3 0.05	14.288 0.5625	55.0 2.17	58.0 2.28
25.400 1.0000	62.000 2.4409	20.638 0.8125	12 100 2 730	7 280 1 640	1.67	−5.8 −0.23	15101	15244	0.8 0.03	20.638 0.8125	32.5 1.28	31.5 1.24	1.3 0.05	15.875 0.6250	55.0 2.17	58.0 2.28
25.400 1.0000	63.500 2.5000	20.638 0.8125	12 100 2 730	7 280 1 640	1.67	−5.8 −0.23	15101	15250	0.8 0.03	20.638 0.8125	32.5 1.28	31.5 1.24	1.3 0.05	15.875 0.6250	56.0 2.20	59.0 2.32
25.400 1.0000	63.500 2.5000	20.638 0.8125	12 100 2 730	7 280 1 640	1.67	−5.8 −0.23	15101	15250X	0.8 0.03	20.638 0.8125	32.5 1.28	31.5 1.24	1.5 0.06	15.875 0.6250	55.0 2.17	59.0 2.32
25.400 1.0000	64.292 2.5312	21.433 0.8438	14 500 3 250	13 500 3 040	1.07	−3.3 −0.13	M86643	M86610	1.5 0.06	21.433 0.8438	38.0 1.50	36.5 1.44	1.5 0.06	16.670 0.6563	54.0 2.13	61.0 2.40

Figura 11-17

Anotación de catálogo de cojinetes de rodillos Timken de diámetro interior recto y una fila, parcial. (*Cortesía de The Timken Company.*)

DIÁMETRO INTERIOR RECTO UNA FILA



									cono				copa			
diámetro interior	diámetro exterior	ancho	clasificación a 500 rpm para L_{10} = 3 000 h		factor	centro efectivo de carga	números de parte		radio máximo de entalle en árbol	ancho	diámetros de los hombros de apoyo		radio máximo de chaflán del alojamiento	ancho	diámetros de los hombros de apoyo	
			radial, una fila	de empuje			cono	copa								
d	D	T	N lbf	N lbf	K	a②			R①	B	d_b	d_a	r①	C	D_b	D_a
25.400 1.0000	65.088 2.5625	22.225 0.8750	13 100 2 950	16 400 3 690	0.80	−2.3 −0.09	23100	23256	1.5 0.06	21.463 0.8450	39.0 1.54	34.5 1.36	1.5 0.06	15.875 0.6250	53.0 2.09	63.0 2.48
25.400 1.0000	66.421 2.6150	23.812 0.9375	18 400 4 140	8 000 1 800	2.30	−9.4 −0.37	2687	2631	1.3 0.05	25.433 1.0013	33.5 1.32	31.5 1.24	1.3 0.05	19.050 0.7500	58.0 2.28	60.0 2.36
25.400 1.0000	68.262 2.6875	22.225 0.8750	15 300 3 440	10 900 2 450	1.40	−5.1 −0.20	02473	02420	0.8 0.03	22.225 0.8750	34.5 1.36	33.5 1.32	1.5 0.06	17.462 0.6875	59.0 2.32	63.0 2.48
25.400 1.0000	72.233 2.8438	25.400 1.0000	18 400 4 140	1 7200 3 870	1.07	−4.6 −0.18	HM88630	HM88610	0.8 0.03	25.400 1.0000	39.5 1.56	39.5 1.56	2.3 0.09	19.842 0.7812	60.0 2.36	69.0 2.72
25.400 1.0000	72.626 2.8593	30.162 1.1875	22 700 5 110	1 3000 2 910	1.76	−10.2 −0.40	3189	3120	0.8 0.03	29.997 1.1810	35.5 1.40	35.0 1.38	3.3 0.13	23.812 0.9375	61.0 2.40	67.0 2.64
26.157 1.0298	62.000 2.4409	19.050 0.7500	12 100 2 730	7 280 1 640	1.67	−5.8 −0.23	15103	15245	0.8 0.03	20.638 0.8125	33.0 1.30	32.5 1.28	1.3 0.05	14.288 0.5625	55.0 2.17	58.0 2.28
26.162 1.0300	63.100 2.4843	23.812 0.9375	18 400 4 140	8 000 1 800	2.30	−9.4 −0.37	2682	2630	1.5 0.06	25.433 1.0013	34.5 1.36	32.0 1.26	0.8 0.03	19.050 0.7500	57.0 2.24	59.0 2.32
26.162 1.0300	66.421 2.6150	23.812 0.9375	18 400 4 140	8 000 1 800	2.30	−9.4 −0.37	2682	2631	1.5 0.06	25.433 1.0013	34.5 1.36	32.0 1.26	1.3 0.05	19.050 0.7500	58.0 2.28	60.0 2.36
26.975 1.0620	58.738 2.3125	19.050 0.7500	11 600 2 610	6 560 1 470	1.77	−5.8 −0.23	1987	1932	0.8 0.03	19.355 0.7620	32.5 1.28	31.5 1.24	1.3 0.05	15.080 0.5937	52.0 2.05	54.0 2.13
† 26.988 † 1.0625	50.292 1.9800	14.224 0.5600	7 210 1 620	4 620 1 040	1.56	−3.3 −0.13	L44649	L44610	3.5 0.14	14.732 0.5800	37.5 1.48	31.0 1.22	1.3 0.05	10.668 0.4200	44.5 1.75	47.0 1.85
† 26.988 † 1.0625	60.325 2.3750	19.842 0.7812	11 000 2 480	6 550 1 470	1.69	5.1 0.20	15580	15523	3.5 0.14	17.462 0.6875	38.5 1.52	32.0 1.26	1.5 0.06	15.875 0.6250	51.0 2.01	54.0 2.13
† 26.988 † 1.0625	62.000 2.4409	19.050 0.7500	12 100 2 730	7 280 1 640	1.67	5.8 0.23	15106	15245	0.8 0.03	20.638 0.8125	33.5 1.32	33.0 1.30	1.3 0.05	14.288 0.5625	55.0 2.17	58.0 2.28
† 26.988 † 1.0625	66.421 2.6150	23.812 0.9375	18 400 4 140	8 000 1 800	2.30	−9.4 −0.37	2688	2631	1.5 0.06	25.433 1.0013	35.0 1.38	33.0 1.30	1.3 0.05	19.050 0.7500	58.0 2.28	60.0 2.36
28.575 1.1250	56.896 2.2400	19.845 0.7813	11 600 2 610	6 560 1 470	1.77	−5.8 −0.23	1985	1930	0.8 0.03	19.355 0.7620	34.0 1.34	33.5 1.32	0.8 0.03	15.875 0.6250	51.0 2.01	54.0 2.11
28.575 1.1250	57.150 2.2500	17.462 0.6875	11 000 2 480	6 550 1 470	1.69	−5.1 −0.20	15590	15520	3.5 0.14	17.462 0.6875	39.5 1.56	33.5 1.32	1.5 0.06	13.495 0.5313	51.0 2.01	53.0 2.09
28.575 1.1250	58.738 2.3125	19.050 0.7500	11 600 2 610	6 560 1 470	1.77	−5.8 −0.23	1985	1932	0.8 0.03	19.355 0.7620	34.0 1.34	33.5 1.32	1.3 0.05	15.080 0.5937	52.0 2.05	54.0 2.13
28.575 1.1250	58.738 2.3125	19.050 0.7500	11 600 2 610	6 560 1 470	1.77	−5.8 −0.23	1988	1932	3.5 0.14	19.355 0.7620	39.5 1.56	33.5 1.32	1.3 0.05	15.080 0.5937	52.0 2.05	54.0 2.13
28.575 1.1250	60.325 2.3750	19.842 0.7812	11 000 2 480	6 550 1 470	1.69	5.1 0.20	15590	15523	3.5 0.14	17.462 0.6875	39.5 1.56	33.5 1.32	1.5 0.06	15.875 0.6250	51.0 2.01	54.0 2.13
28.575 1.1250	60.325 2.3750	19.845 0.7813	11 600 2 610	6 560 1 470	1.77	5.8 0.23	1985	1931	0.5 0.03	19.355 0.7620	34.0 1.34	33.5 1.32	1.3 0.05	15.875 0.6250	52.0 2.05	55.0 2.17

① Estos radios máximos de los chaflanes serán esquivados por las esquinas de los cojinetes.
② El valor con signo negativo indica que el centro queda dentro de la cara posterior del cono.
† Para la clase estándar **ÚNICAMENTE**, el tamaño métrico máximo es un valor entero en milímetros.
* Para tolerancias de parte "J" véanse las tolerancias métricas (p. 74) y los métodos de ajuste (p. 66).
◆ Las combinaciones de copa y cono de la ISO se designan con un número de parte común y hay que adquirirlas como un ensamble. Para tolerancias en cojinetes ISO –véanse las tolerancias métricas, (p. 74) y los métodos de ajuste (p. 66)

Figura 11-17

(continuación)